

Jordan and Hamburg LLP
F-8167
(212) 986-2340
Koji TOJO et al.

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 5 月 1 日

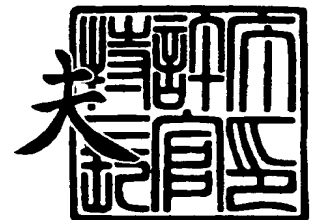
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 2 6 1 1 7
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 2 6 1 1 7]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社島津製作所

2 0 0 4 年 1 月 1 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 0 7 0 7

【書類名】 特許願

【整理番号】 K1020742

【提出日】 平成15年 5月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/02

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 東条 公資

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 入口 知史

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 渡辺 一馬

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 杉本 統宏

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 福士 一郎

【発明者】

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

【氏名】 石垣 直也

**【発明者】**

【住所又は居所】 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津
製作所内

【氏名】 井上 光二

【特許出願人】

【識別番号】 000001993

【氏名又は名称】 株式会社島津製作所

【代理人】

【識別番号】 100095511

【弁理士】

【氏名又は名称】 有近 紳志郎

【電話番号】 03-5338-3501

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002233

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 固体レーザー装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザ結晶と、前記マイクロチップレーザ結晶からのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザー装置において、

ローパスフィルタ及びハイパスフィルタを前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の固体レーザー装置において、ハイパスフィルタのカットオフ周波数を、ローパスフィルタのカットオフ周波数より高く設定したことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 3】 レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザ結晶と、前記マイクロチップレーザ結晶からのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザー装置において、

中心周波数を固体レーザー装置の緩和発振周波数以上に設定されているバンドパスフィルタを前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項 4】 レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザー装置において、

ローパスフィルタ及びハイパスフィルタを前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項5】 請求項4に記載の固体レーザー装置において、ハイパスフィルタのカットオフ周波数を、ローパスフィルタのカットオフ周波数より高く設定したことを特徴とする固体レーザー装置。

【請求項6】 レーザ光を発生する半導体レーザーと、前記半導体レーザーからのレーザー光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザーを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザー装置において、

中心周波数を固体レーザー装置の緩和発振周波数以上に設定されているバンドパスフィルタを前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、固体レーザー装置に関し、さらに詳しくは、光ノイズを効果的に抑制できる固体レーザー装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、レーザー光を発生する半導体レーザーと、半導体レーザーからのレーザー光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、光の強度が所定値になるように半導体レーザーを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザー装置が知られている（例えば、特許文献1参照。）。

また、半導体レーザーからのレーザー光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザー結晶を、非線形光学素子の前段に設けた固体レーザー装置が知られている（例えば、特許文献2参照。）。

【0003】

【特許文献1】

特開平7-106682号公報

【特許文献2】

特表平4-503429号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

図12に、従来の固体レーザ装置の一例における非線形光学素子及びマイクロチップレーザ結晶のゲイン伝達特性および位相伝達特性の実測例を示す。

図12の例では、約11MHzにゲインピークが出ている。このゲインピークの周波数を固体レーザ装置の緩和発振周波数 f_k と呼ぶ。また、図12の例では、緩和発振周波数 f_k 付近を境に位相が反転しており、緩和発振周波数 f_k では位相が約90°遅れている。

【0005】

図13に、前記固体レーザ装置の光ノイズ波形実測例を示す。

図13の例では、光ノイズの発振周波数は約11MHzであり、図12における緩和発振周波数 f_k と一致している。

【0006】

さて、図12の位相伝達特性を持つ固体レーザ装置では、出力制御回路による負帰還制御で緩和発振周波数 f_k より低い周波数帯域を制御している。

ところが、図12に示すように緩和発振周波数 f_k 付近で位相伝達特性が反転するために、緩和発振周波数 f_k より高い周波数帯域に回路ノイズ等の外乱が含まれた場合、制御系が発振して帰還制御ができなくなり、光ノイズを抑制できないという問題点がある。また、緩和発振周波数 f_k より低い周波数帯域に回路ノイズ等の外乱が含まれた場合、制御系では光ノイズとして扱われてしまうため、光ノイズを効果的に抑制できないという問題点がある。また、緩和発振周波数 f_k 付近にある光ノイズも、約90°の位相遅れがあるために、出力制御回路による帰還制御では、光ノイズの抑制に限界があるという問題点がある。

そこで、本発明の目的は、光ノイズを効果的に抑制できる固体レーザ装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

第1の観点では、本発明は、レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザ結晶と、前記マイクロチップレーザ結晶からのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザ装置において、ローパスフィルタ及びハイパスフィルタ、若しくは、バンドパスフィルタ、を前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザ装置を提供する。

光ノイズは、緩和発振周波数 f_k 付近で発生し、約 90° の位相遅れが生じていると考えられる。

つまり、緩和発振周波数 f_k 近傍の帯域の信号を抽出し、位相を制御すれば、光ノイズを効果的に抑制できることになる。

上記第1の観点による固体レーザ装置では、緩和発振周波数 f_k 近傍で減衰率が小さくなるように、ローパスフィルタ及びハイパスフィルタ、若しくは、バンドパスフィルタ、を設けている。

上記のようなローパスフィルタ及びハイパスフィルタの足し合わせ、若しくは、バンドパスフィルタ、の伝達特性は、緩和発振周波数 f_k 近傍以外で減衰率が多い。このため、外乱ノイズ（回路ノイズ等）が効果的にカットされて、光ノイズの発生する帯域の信号のみを抽出することができ、光ノイズの抑制に関して効果的となる。

さらに、ローパスフィルタのカットオフ周波数よりもハイパスフィルタのカットオフ周波数を高め（高周波側）に設定するか、又は、バンドパスフィルタの中心周波数を操作することにより、緩和発振周波数 f_k 付近での位相を進めることができるので、緩和発振周波数 f_k 近傍で発生する光ノイズの位相遅れを補償することができる。

結局、上記ローパスフィルタ及びハイパスフィルタの組み合わせ、又は、バン

ドパスフィルタにより、光ノイズの発生する帯域の信号のみを抽出することができ、またその位相補償もできるので、出力制御回路による帰還制御にて効果的に光ノイズを抑制することが出来る。

【0008】

第2の観点では、本発明は、レーザ光を発生する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子と、前記非線形光学素子から出射される光の強度を検出するモニタ用光検出手段と、前記光の強度が所定値になるように前記半導体レーザを駆動する出力制御回路とを備えた固体レーザ装置において、ローパスフィルタ及びハイパスフィルタ、若しくは、バンドパスフィルタ、を前記出力制御回路に設けたことを特徴とする固体レーザ装置を提供する。

光ノイズは、緩和発振周波数 f_k 付近で発生し、約 90° の位相遅れが生じていると考えられる。

つまり、緩和発振周波数 f_k 近傍の帯域の信号を抽出し、位相を制御すれば、光ノイズを効果的に抑制できることになる。

上記第2の観点による固体レーザ装置では、緩和発振周波数 f_k 近傍で減衰率が小さくなるように、ローパスフィルタ及びハイパスフィルタ、若しくは、バンドパスフィルタ、を設けている。

上記のようなローパスフィルタ及びハイパスフィルタの足し合わせ、若しくは、バンドパスフィルタ、の伝達特性は、緩和発振周波数 f_k 近傍以外で減衰率が大い。このため、外乱ノイズ（回路ノイズ等）が効果的にカットされて、光ノイズの発生する帯域の信号のみを抽出することができ、光ノイズの抑制に関して効果的となる。

さらに、ローパスフィルタのカットオフ周波数よりもハイパスフィルタのカットオフ周波数を高め（高周波側）に設定するか、又は、バンドパスフィルタの中心周波数を操作することにより、緩和発振周波数 f_k 付近での位相を進めることが出来るので、緩和発振周波数 f_k 近傍で発生する光ノイズの位相遅れを補償することが出来る。

結局、上記ローパスフィルタ及びハイパスフィルタの組み合わせ、又は、バン

ドパスフィルタにより、光ノイズの発生する帯域の信号のみを抽出することができ、またその位相補償もできるので、出力制御回路による帰還制御にて効果的に光ノイズを抑制することが出来る。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、図に示す本発明の実施の形態を説明する。なお、これにより本発明が限定されるものではない。

【0010】

ー第1の実施形態ー

図1は、第1の実施形態にかかる固体レーザ装置100を示す構成図である。

この固体レーザ装置100は、レーザ光を発生する半導体レーザ1と、レーザ光を集光する集光レンズ系2と、集光されたレーザ光によって励起される結晶であって結晶端面に施されたコーティングにより光共振器を構成するマイクロチップレーザ結晶3と、マイクロチップレーザ結晶3からのレーザ光が入射され高調波を出射する非線形光学素子4と、非線形光学素子4から出射される光の強度を検出するためのスプリッタ5、光学フィルタ6及びフォトダイオード7と、フォトダイオード7で検出した光の強度が所定値になるように制御信号Lを出力する低速APC（Auto Power Control）回路8と、フォトダイオード7で検出した光のノイズ成分が0になるように制御信号Hを出力する高速APC回路9と、制御信号L及び制御信号Hに基づく駆動電流を半導体レーザ1に供給するLD駆動回路10とを具備している。

【0011】

低速APC回路8は、信号増幅回路8bと、ローパスフィルタ8cと、信号反転増幅回路8eとを含んでいる。

高速APC回路9は、結合コンデンサ9aと、信号増幅回路9bと、ローパスフィルタ9cと、ハイパスフィルタ9dと、信号反転増幅回路9eとを含んでいる。ローパスフィルタ9cおよびハイパスフィルタ9dの代わりに、バンドパスフィルタ9fを用いてもよい。

【0012】

図 2 に、ローパスフィルタ 8 c, 9 c の回路例を示す。

図 2 の (a) の回路でも、(b) の回路でもよい。

図 3 に、ハイパスフィルタ 9 d の回路例を示す。

図 3 の (a) の回路でも、(b) の回路でもよい。

図 4 に、バンドパスフィルタ 9 f の回路例を示す。

【0013】

図 5 に、ローパスフィルタ 8 c, 9 c のゲイン伝達特性を示す。

図 7 に、ハイパスフィルタ 9 d のゲイン伝達特性を示す。

上記のようなローパスフィルタ 9 c とハイパスフィルタ 9 d の足し合わせの伝達特性は、緩和発振周波数 f_k 近傍以外でゲインが小さくなるため、外乱ノイズ（回路ノイズ等）が効果的にカットされて、光ノイズの抑制に対して好適となる。

【0014】

図 6 に、ローパスフィルタ 8 c, 9 c の位相伝達特性を示す。

図 8 に、ハイパスフィルタ 9 d の位相伝達特性を示す。

ローパスフィルタ 9 c のカットオフ周波数よりハイパスフィルタ 9 d のカットオフ周波数を高め（高周波側）に設定することにより、緩和発振周波数 f_k 付近での位相を進めることが出来るので、緩和発振周波数 f_k 近傍で発生する光ノイズの位相遅れを補償することが出来る。

【0015】

上記ローパスフィルタ 9 c 及びハイパスフィルタ 9 d の組み合わせにより、光ノイズの発生する帯域の信号のみを抽出することができ、またその位相補償もできるので、高速 APC 回路 9 による帰還制御にて効果的に光ノイズを抑制することが出来る。

なお、ローパスフィルタ 9 c 及びハイパスフィルタ 9 d の次数は、適宜決定する。

【0016】

図 9 に、バンドパスフィルタ 9 f のゲイン伝達特性を示す。

図 10 に、バンドパスフィルタ 9 f の位相伝達特性を示す。

上記バンドパスフィルタ 9 f の中心周波数および次数を操作することで、光ノイズの発生する帯域の信号のみを抽出することができ、またその位相補償もできるので、高速 A P C 回路 9 による帰還制御にて効果的に光ノイズを抑制することが出来る。

【0017】

—第2の実施形態—

図 11 は、第 2 の実施形態にかかる固体レーザ装置 200 を示す構成図である。

この固体レーザ装置 200 は、第 1 の実施形態にかかる固体レーザ装置 100 からマイクロチップレーザ結晶 3 を省いた以外は、同じ構成である。

【0018】

この固体レーザ装置 200 でも、第 1 の実施形態にかかる固体レーザ装置 100 と同じ効果が得られる。すなわち、上記ローパスフィルタ 9 c 及びハイパスフィルタ 9 d の組み合わせにより、高速 A P C 回路 9 による帰還制御にて効果的に光ノイズを抑制することが出来る。

【0019】

【発明の効果】

本発明の固体レーザ装置によれば、固体レーザ装置の緩和発振周波数近傍でゲインが高くなるように、及び、緩和発振周波数近傍での位相調整用として、ローパスフィルタ及びハイパスフィルタ、若しくは、バンドパスフィルタを、出力制御回路に設けることにより、緩和発振周波数近傍以外でゲインが小さくなるため、外乱ノイズ（回路ノイズ等）を効果的にカットできて、光ノイズの抑制に対して好適となる。また、緩和発振周波数 f_k 付近での位相を進めることが出来るので、緩和発振周波数 f_k 近傍で発生する光ノイズの位相遅れを補償することが出来る。以上より、出力制御回路による帰還制御にて効果的に光ノイズを抑制することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第 1 の実施形態に係る固体レーザ装置を示す構成図である。

【図 2】

ローパスフィルタの回路例を示す回路図である。

【図 3】

ハイパスフィルタの回路例を示す回路図である。

【図 4】

バンドパスフィルタの回路例を示す回路図である。

【図 5】

ローパスフィルタのゲイン伝達関数を示す特性図である。

【図 6】

ローパスフィルタの位相伝達関数を示す特性図である。

【図 7】

ハイパスフィルタのゲイン伝達関数を示す特性図である。

【図 8】

ハイパスフィルタの位相伝達関数を示す特性図である。

【図 9】

バンドパスフィルタのゲイン伝達関数を示す特性図である。

【図 1 0】

バンドパスフィルタの位相伝達関数を示す特性図である。

【図 1 1】

第 2 の実施形態に係る固体レーザ装置を示す構成図である。

【図 1 2】

固体レーザ装置の一例における非線形光学素子およびマイクロチップレーザ結晶のゲイン伝達特性および位相伝達特性の実測例を示す特性図である。

【図 1 3】

固体レーザ装置の一例における光ノイズ波形を示す実測図である。

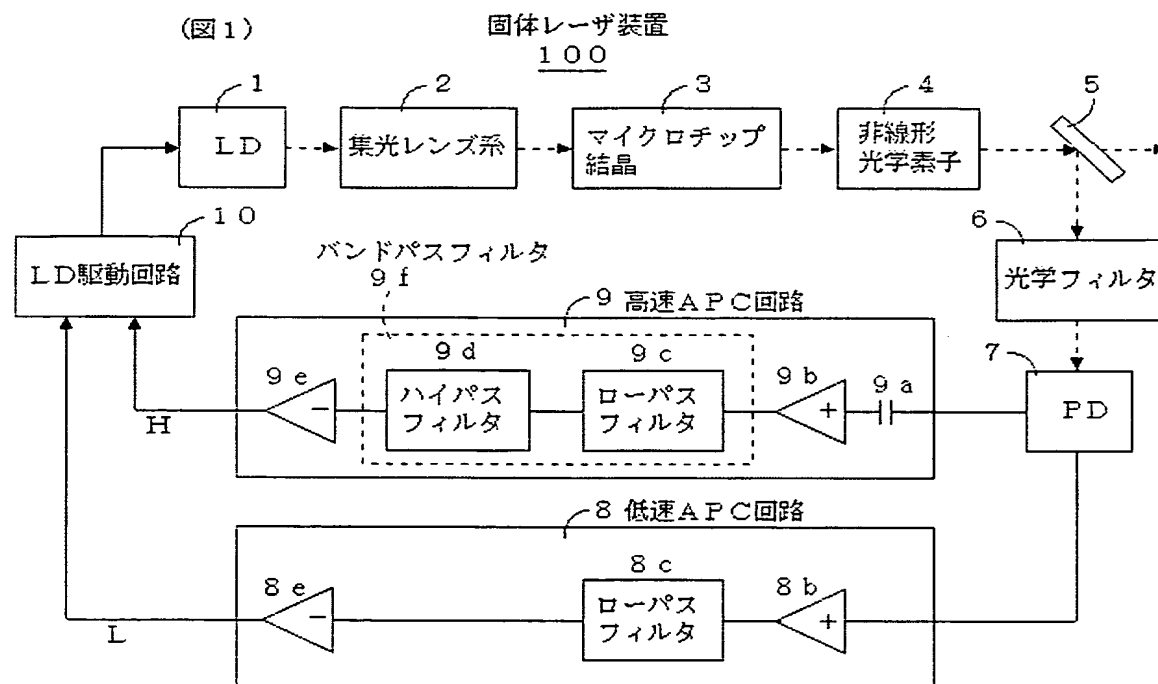
【符号の説明】

- | | |
|---|--------------|
| 1 | 半導体レーザ |
| 3 | マイクロチップレーザ結晶 |
| 4 | 非線形光学素子 |

8	低速 A P C 回路
8 c	ローパスフィルタ
9	高速 A P C 回路
9 c	ローパスフィルタ
9 d	ハイパスフィルタ
9 f	バンドパスフィルタ
1 0 0 , 2 0 0	固体レーザー装置

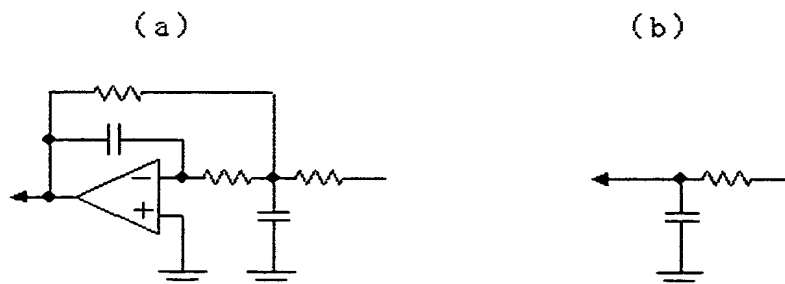
【書類名】 図面

【図 1】



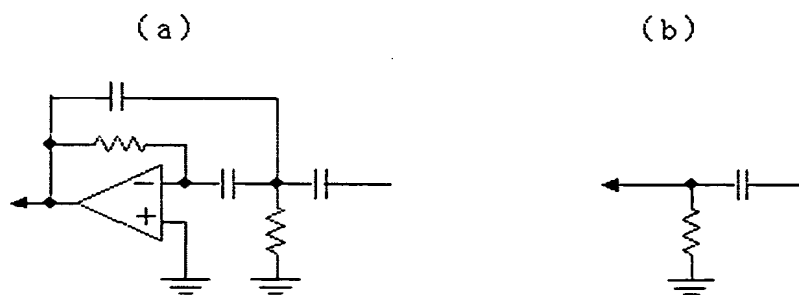
【図 2】

(図 2)



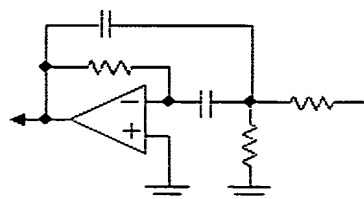
【図 3】

(図 3)



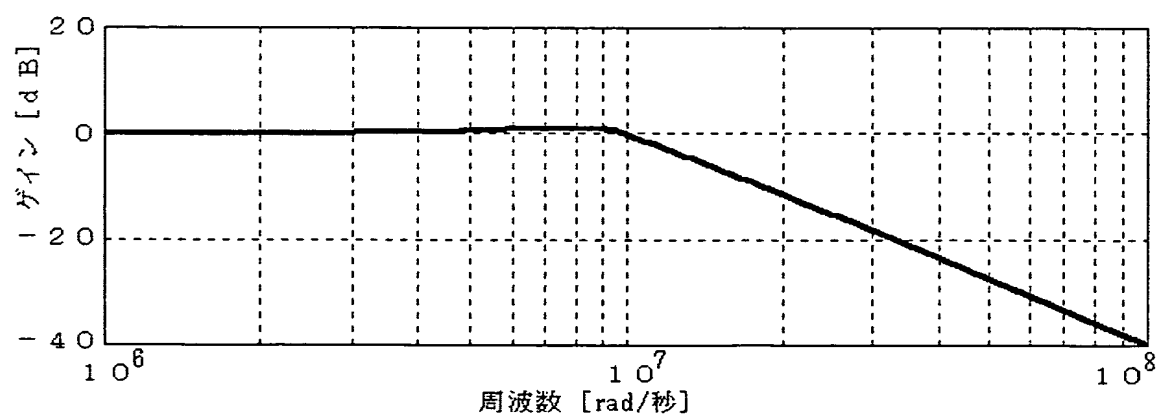
【図 4】

(図 4)



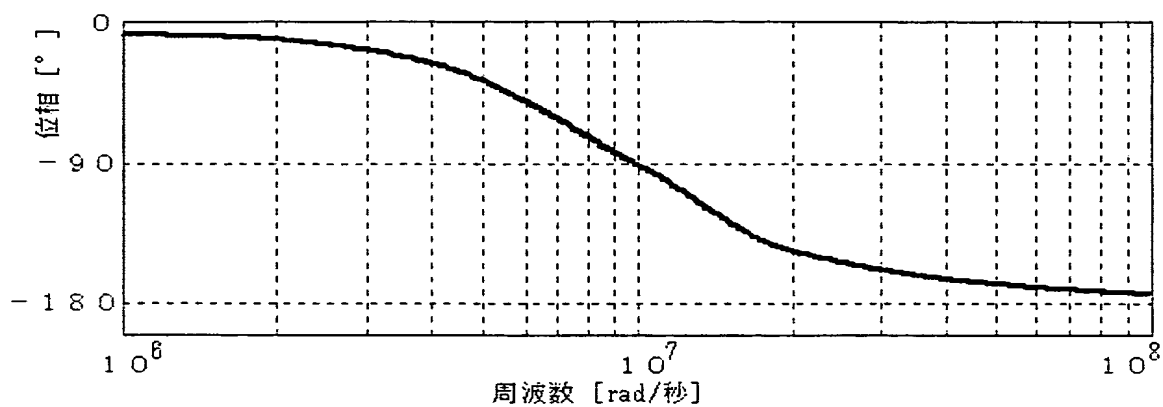
【図 5】

(図 5)



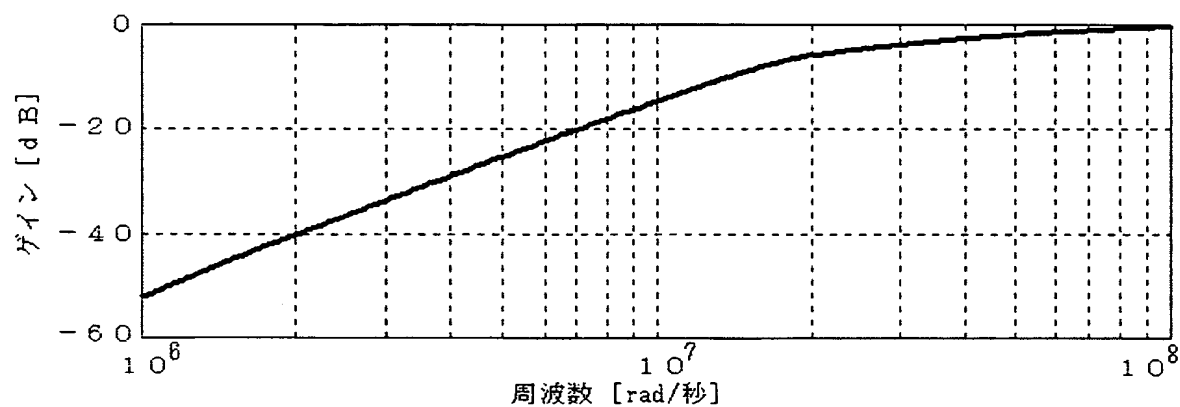
【図 6】

(図 6)



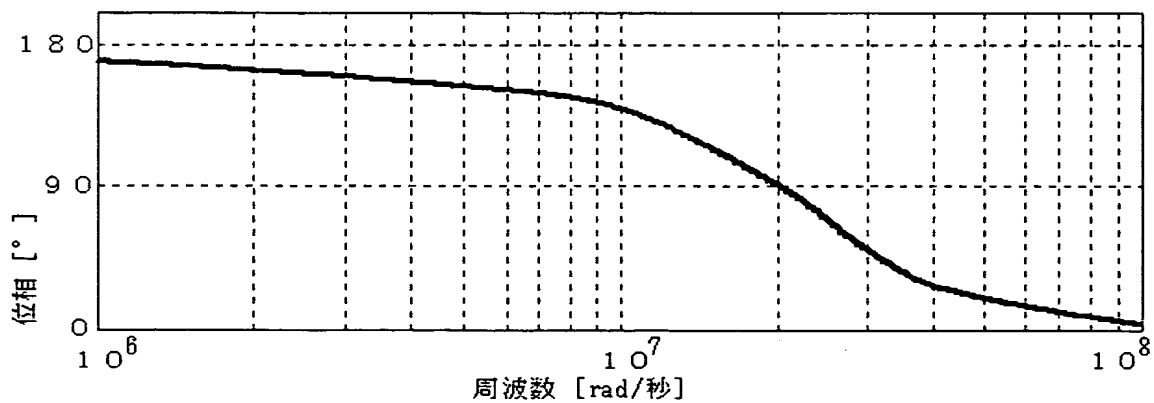
【図 7】

(図 7)



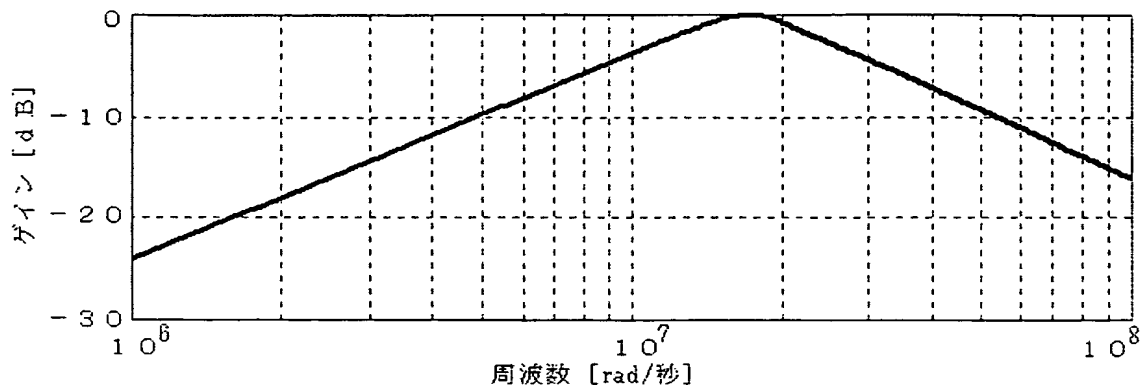
【図 8】

(図 8)



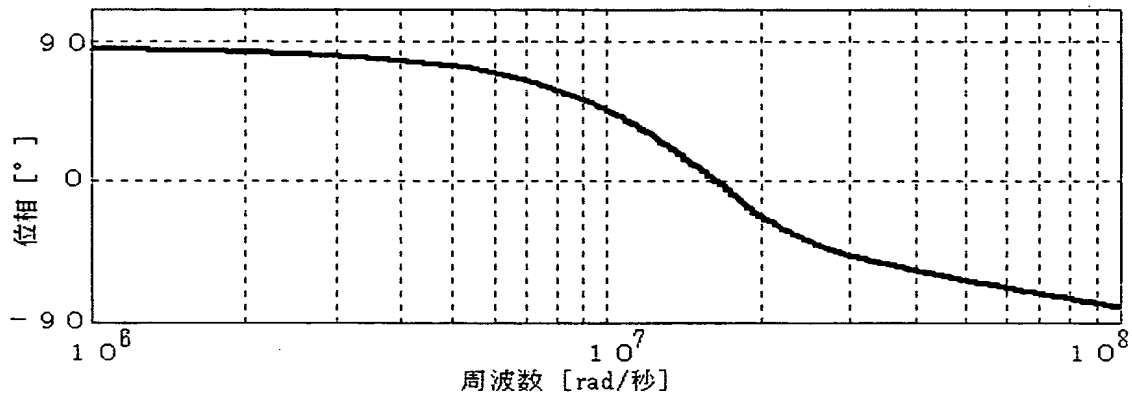
【図 9】

(図 9)

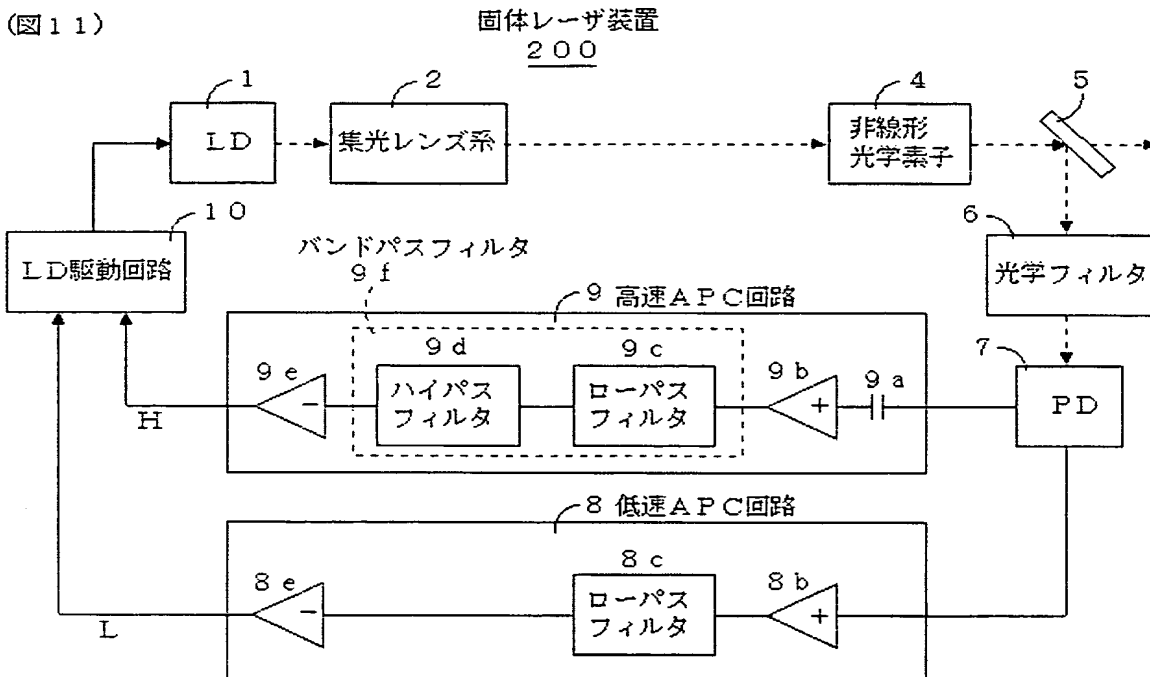


【図 10】

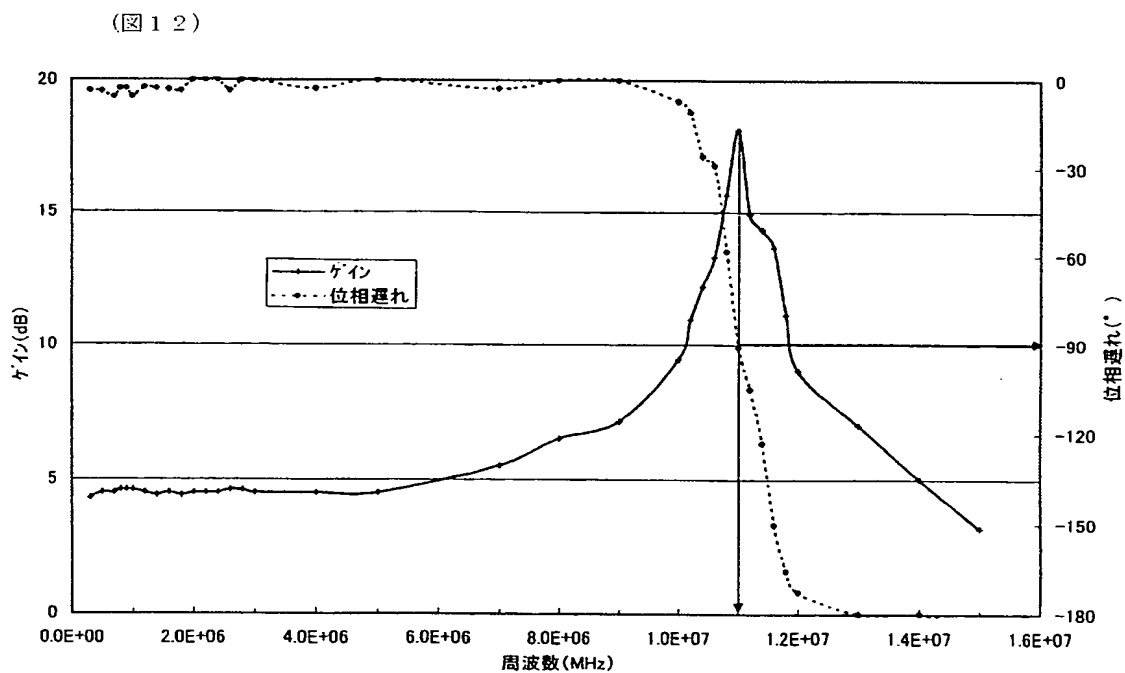
(図 10)



【図 1 1】

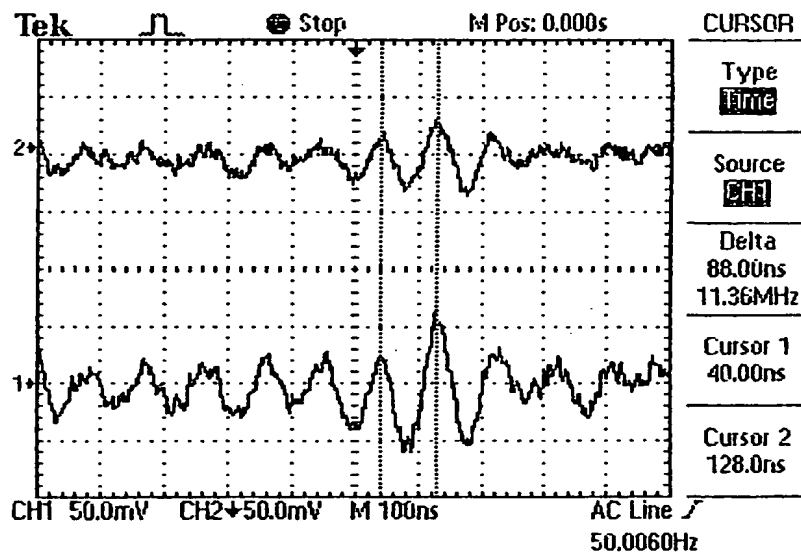


【図 1 2】



【図 1 3】

(図 1 3)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光ノイズを抑制する。

【解決手段】 固体レーザ装置の緩和発振周波数近傍でゲインが高くなるように、及び、緩和発振周波数近傍での位相調整用として、固体レーザ装置の出力制御回路（8，9，10）に、ローパスフィルタ（9c）およびハイパスフィルタ（9d）、若しくは、バンドパスフィルタ（9f）を設ける。

【効果】 緩和発振周波数近傍以外でゲインが小さくなるため、外乱ノイズ（回路ノイズ等）を効果的にカットできて、光ノイズの抑制に対して好適となる。また、緩和発振周波数 f_k 付近での位相を進めることが出来るので、緩和発振周波数 f_k 近傍で発生する光ノイズの位相遅れを補償することが出来る。以上より、出力制御回路による帰還制御にて効果的に光ノイズを抑制することが出来る

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 2 6 1 1 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 1 9 9 3]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地

氏 名 株式会社島津製作所